

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-005584

(43)Date of publication of application : 10.01.1990

(51)Int.Cl.

H01S 3/0915

H01S 3/042

H01S 3/093

(21)Application number : 63-157194

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 24.06.1988

(72)Inventor : KUBA KAZUKI

NAI YASUTO

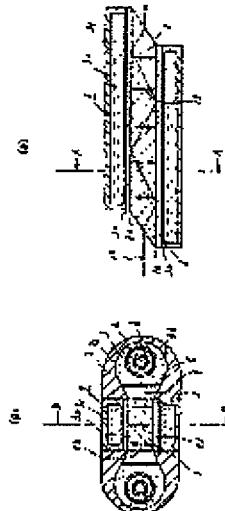
YAGI SHIGENORI

(54) SOLID-STATE LASER DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To cool a laser medium uniformly so as to decrease a distortion generated in the inner medium and to improve a laser beam in quality and an output in stability by a method wherein the laser medium is brought into close contact with or bonded to an indirectly cooling member, or brought into close contact with the cooling member through the intermediate through the whole optical smooth surface to be indirectly cooled and supported, and the side of the laser medium is thermally insulated and exciting light rays are made to be incident on the laser medium from the above side to excite it.

CONSTITUTION: A GGG crystal, whose thickness, width and length are 7mm, 35mm and 130mm respectively, is used as a slab, and provided that two lamps 4 are made to emit light rays with an electrical input power 20kW to make a laser excited, a laser output is about 400W and its efficiency is 2%, and the converting ratio of an exciting light to heat converted from the exciting light is about 6% inside the slab, and a released heat is 1.2kW. The slab is thermally insulated sufficiently in a widthwise direction as compared with it in a thicknesswise direction, and if the exciting light and refrigeration are nearly uniform, the released heat of 1.2kW is dissipated from an optical smooth surface 1a of the slab 1 to an indirectly cooling member 3 through the intermediary of a intermedium 2, and a heat flow occurs only in a thickness direction as shown by an arrow 12. At this time, a square temperature distribution happens to appear in the slab 1 only along a thicknesswise direction and a temperature difference between a center and a surface (optically smooth surface) is 26°C or so.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑨日本国特許庁(JP)

⑩特許出願公開

⑪公開特許公報(A) 平2-5584

⑫Int.Cl.⁵
H 01 S 3/0915
3/042
3/093

識別記号

序内整理番号

⑬公開 平成2年(1990)1月10日

7630-5F
7630-5F
7630-5F H 01 S 3/091
3/04

J
L

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全9頁)

⑭発明の名称 固体レーザ装置

⑮特願 昭63-157194

⑯出願 昭63(1988)6月24日

⑰発明者 久場 一樹 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社
応用機器研究所内

⑰発明者 名井 康人 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社
応用機器研究所内

⑰発明者 八木 重典 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社
応用機器研究所内

⑯出願人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

⑯代理人 弁理士 大岩 増雄 外2名

明細書

1. 発明の名称

固体レーザ装置

2. 特許請求の範囲

(1) 光軸に沿つて対向する1組の光学的平滑面を有し、上記光軸に直交する断面がほぼ近形のレーザ装置内をレーザビームがジグザグ状に伝搬する固体レーザ装置において、上記レーザ媒質は、上記光学的平滑面全面にわたつて密着、又は接着又は介在物を介して密着される間接冷却部材により間接冷却、支持されると共に、上記光軸に沿つて対向する他の1組の側面は断熱され、この側面より励起光を入射して励起されることを特徴とする固体レーザ装置。

(2) レーザビームはレーザ媒質の光学的平滑面間を反射を行ないながらジグザグ状に伝搬し、その反射手段は内部全反射、もしくは上記光学的平滑面に設けられた誘電体多層膜又は金属性による反射である請求項1記載の固体レーザ装置。

(3) レーザ媒質と間接冷却部材間の介在物を、

上記レーザ媒質とはほぼ等しい屈折率の部材とすると共に、上記間接冷却部材の、上記レーザ媒質側表面を光学的平滑面として、この間接冷却部材の光学的平滑面間をレーザビームが反射を行ないながらジグザグ状に伝搬する請求項1記載の固体レーザ装置。

(4) レーザ媒質の側面から入射する励起光を、上記レーザ媒質または間接冷却部材の光学的平滑面で反射させ、上記レーザ媒質中に閉じ込めるなどを特徴とする請求項1ないし3記載の固体レーザ装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

この発明は固体レーザ装置、とくにそのレーザ媒質の冷却・支持構造及び励起方法に関するものである。

【従来の技術】

第14図及び第15図は各々、例えば実開昭62-42269号公報に示された従来の固体レーザ装置の概略を示す斜視図及び断面図であり、第15図(a)は

横断面を、第15図(b)は端断面を示す。

図において、(1)は光路に沿つて直交する断面が矩形のレーザ媒質でありステップである。図は冷却媒質(3b)のシール材で、レーザ媒質(1)の支持も兼ねる。図はホルダ、(4)はランプ、(6b)はランプの冷却媒質、(7)は集光器である。

第16図(a)、(b)は各々従来の固体レーザ装置における各部材の相対関係を示す説明図であり、第16図(a)は端断面、第16図(b)は横断面を示している。図において、(11a)、(11b)（俗称する時は叫）は励起光、(14)は高溫領域、(16)は応力による光学歪発生領域、(15a)は表面冷却領域、(15b)は非冷却領域である。

次に動作について説明する。

レーザ媒質(1)は集光器(7)によつて集光されたランプ(4)からの励起光(11a)、(11b)を吸収し、励起される。

励起されたエネルギーの一部は、内部全反射をくり返しながらジグザグ状に伝搬するレーザビームとして媒質外に取り出される。しかしながら、

になされたもので、レーザ媒質を均一に冷却すると共に、レーザ媒質に発生する歪を低減し、ビーム品質が高く、出力の安定性に優れた固体レーザ装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

この発明に係る固体レーザ装置は、そのレーザ媒質がレーザ媒質の光学的平滑面全面にわたつて密接、又は接觸又は介在物を介して密接される間接冷却部材により間接冷却、支持されると共に、側面は断熱され、かつこの側面上り励起光を入射して励起されるものである。

また、この発明に係る固体レーザ装置においては、レーザビームは、レーザ媒質の光学的平滑面間を内部全反射、もしくは上記光学的平滑面に設けられた誘電体多層膜又は金属性による反射を行なながらジグザグに伝搬するものであつてもよいし、レーザ媒質と間接冷却部材間の介在物を、上記レーザ媒質と底面等しい屈折率の部材とすると共に、上記間接冷却部材の、上記レーザ媒質側表面を光学的平滑面として、この間接冷却部材の光

励起光エネルギーの大部分はレーザ媒質(1)内で熱エネルギーとなり、最終的には冷却媒質(3b)へ流れれる。冷却媒質(3b)は外へもれないのでシール材(2)によつて、シールされている。

又、シール材(2)はステップ(1)の支持も兼ねている。

【結明が解決しようとする課題】

従来の固体レーザ装置は以上の様に構成されているのでシール部より外側は表面冷却されない非冷却領域(15b)となり、この非冷却領域(15b)のうちランプ(4)に近い所は、励起光(11b)にさらされるのでシール部内側より高溫領域(14)が生じ、ステップ幅方向に温度分布をもたらす。

又、冷媒が直接ステップ面に接触するので冷媒の流れの不均一性によつてもステップの幅及び長手方向に温度分布を生じる。

そして、この温度分布によりレーザ媒質の屈折率分布、即ち光学歪が発生する。またシール材(2)とステップ(1)の接觸状態は僅接觸となり、この接觸部近傍に局所的に応力歪峰が発生する。

この発明は上記のような問題点を解消するため

学的平滑面間をレーザビームが反射を行なわなからジグザグ状に伝搬するものであつてもよい。

また、レーザ媒質の側面から入射する励起光を、上記レーザ媒質または間接冷却部材の光学的平滑面で反射させ、上記レーザ媒質中に閉じ込めるようにしてよい。

【作用】

この発明における間接冷却部材及び側面からの励起構造はレーザ媒質内の温度分布を低減し、かつ局所的な応力集中を防いでレーザ媒質の光学歪を低減する。

また、この発明の固体レーザ装置ではレーザ媒質内のレーザビームは、レーザ媒質の光学的平滑面、または間接冷却部材のレーザ媒質側表面に形成された光学的平滑面間を反射しながらジグザグ状に伝搬する。

さらに、側面からの励起光を上述の光学的平滑面で反射させ、レーザ媒質内に閉じ込めるようすれば効率が上がる。

【実施例】

以下、この発明の一実施例を図について説明する。第1図(a), (b)は各々、この発明の一実施例による固体レーザ装置を示す横断面図及び縦断面図であり、第1図(a)は第1図(b)のA-A横断面図、第1図(b)は第1図(a)のB-B縦断面図である。図において、(2)はレーザ媒質(1)より低屈折率の薄い透明な介在物、(3)はレーザ媒質(1)の光学的平滑面(1a)全面にわたつて介在物(2)を介して接着される間接冷却部材であり、レーザ媒質(1)を間接冷却、支持しており、その内部には、冷却媒質(3b)の流路(3c)を有している。なお(3a)は間接冷却部材(3)のレーザ媒質側表面であり、また介在物(2)はレーザ媒質(1)の光学的平滑面(1a)での内部全反射を保障している。(4)はスラブ励起用のランプであり、(5)はランプの冷却、冷媒(6)のフローチューブである。ランプ(4)からの励起光は集光器(7)によつて集光され、レーザ媒質をその側面(1b)から励起する。

レーザ媒質における熱の流れが、幅方向に生じない様、スラブ側面近傍は空気等の気体が充されているか、真空中で断熱状態の断熱空間である。(8)

一表面(光学的平滑面)間の温度差は約25°Cである。温度分布及び熱流を厚み方向に限定する具体的構成としては、介在物(2)としてダウコーニング社シルボット184(熱伝導率 $1.47 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2\text{deg}$ 、屈折率1.43)を厚さ $100 \mu\text{m}$ 以下で用い、スラブ側面(1b)を空気で断熱すれば良く、この時、スラブ表面(1a)の熱伝導率は、 $150 \text{ W/m}^2\text{deg}$ 以上で側面(1b)の熱伝導率 $5 \sim 20 \text{ W/m}^2\text{deg}$ に比べ、2桁以上大きく、熱流はスラブ(1)の厚み方向のみに限定される。又、この時介在物(2)即ちシルボット184の表面での温度差は85deg以下で耐熱温度200°C以下の動作が充分可能である。介在物の厚みの下限は全反射条件で決まり、レーザ光の波長($1.06 \mu\text{m}$)/屈折率(1.43)≈ $0.74 \mu\text{m}$ 程度以上であれば良く、厚みを $2 \mu\text{m}$ とした場合、温度差はさらに低減され1.7°Cとなり、スラブの絶対温度を大幅に低減できる。

この他の介在物としては透明シリコンボット剤例えばダウコーニング社、シルボット186、信越シリコーン社KE1204T、光学接着剤、例えばノ

は有効を励起光に対し透明な断熱層の分離板で、レーザ媒質に対する有効光遮光用のフィルターである。

また、(6)は断熱層分離板(8)の冷却媒質であり、これはレーザビームである。

次に上記実施例の作用・動作の詳細について述べる。

まず冷却について述べる。スラブ(1)として厚さ7mm、幅35mm、長さ130mmのGGG結晶(熱伝導率 $0.09 \text{ W/cm}^2\text{deg}$ 、屈折率1.95)を用い、平均電気入力20Wで2本のランプ(4)を発光させ励起したすると、レーザ出力は約400W、効率的2%、又、スラブ(1)内で励起光が熱に変換する割合は約6%で、絶熱は1.2kWとなる。スラブの幅方向が厚み方向に比べ充分断熱されており、かつ、励起光及び冷却が程度均一の場合、この1.2kWの発熱は、スラブ(1)の光学的平滑面(1a)から介在物(2)を介して間接冷却部材(3)へ熱伝導で放熱され、矢印(8)に示す様に熱流は厚み方向のみ生じる。この時スラブ(1)には厚み方向のみに、2乗温度分布が生じ、中心

一テンド社NOA65、ゲル状物質、例えばダウコーニング社、シルボット300A×B、信越シリコーン社KE104、光学グリス、例えばダウコーニング社Q2-306クオブティカルカーブラント、透明液体オイル等が熱伝導率 $1.2 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2\text{deg}$ 以上、屈折率1.5程度、耐熱温度200°C程度で適用可能である。

尚、これらの介在物は柔軟性を有しているため、間接冷却部材とスラブの熱膨張の差を吸収する効果もある。又、逆に間接冷却部材とスラブの熱膨張が同程度の場合、介在物に柔軟性が要求されることは限りまでもない。

上記実施例では側面(1b)の断熱を空気で行う場合について述べたが、空気以外の気体でも一般に熱伝導率は小さく、同様の断熱効果が得られる。さらに、この断熱層を真空中とする場合、より一層の効果が得られるることは言うまでもない。

次にスラブ表面全面での間接冷却支持の利点について述べる。

従来の直接冷却法に比べ、この発明の間接冷却法では、スラブ上でのローリングによる冷媒のシ-

ルの必要がなく、スラブ表面全面もしくは任意の部分を冷却でき、均一冷却も含めた冷却の制御性が高くなる。特に励起領域を全て冷却することが容易に行えることは、従来の冷媒による直接冷却に対して進歩性が大きい。

又、スラブ自身の支持を表面全面で行えることは、ローリングによる局部的支持に比べ、機械的ストレス低減及び、スラブ全体のたわみを押えると言う意味で効果が大きい。

又、従来の直接冷却の場合、冷媒の流量むらによる冷却の不均一性が、スラブの温度分布を経生させていたが、間接冷却部材として、熱伝導率の大きい金属などとすれば、アルミや銅等を用いれば、内部の冷媒の流量むらによる冷却むらを緩和する作用があり、さらには間接冷却であるがゆえ、スラブへの圧力影響なしに、冷媒の流量即ち冷却能を向上させたり、第2図(b) (第2図(a)は第1図に示す実施例)に示すようにスラブ表面より大きな間接冷却部材(3)を用いることでスラブ表面に相当する部分の冷媒の流れを均一化し、冷却を均一に

以上2点より側面励起には励起光の効率的吸収によるレーザ発振の効率向上という利点がある。次に他の実施例を示す。

第5図(a), (b)は各々この発明の他の実施例(第2実施例)による固体レーザ装置を示す横断面図及び縦断面図である。

第1実施例では、レーザ光及び励起光をスラブ表面で内部全反射させ、各々伝搬閉じ込めを行つていたが、第2実施例ではスラブ表面(1a)に多層膜(1c)をコーティングし、これによつてレーザ光の反射伝搬を行つている。多層膜(1c)はレーザ光の波長及び入射角に対して、高反射率になるよう構成し、励起光は間接冷却部材のスラブ側表面(3a)を金属反射面とする事で反射・閉じ込めを行なえばよい。尚、この場合金属反射面は励起光に対する反射率が高ければ、散乱反射面でもよい。

また、第3実施例としてスラブ表面の多層膜(1c)を金属薄膜とする事で、レーザ光、励起光ともスラブ表面で反射させる事も可能である。この場合、介在物(2)は光学的に透明でなくともよい。

行えるという長所もある。(第2図(b)に比べ、第2図(b)におけるスラブ温度分布は均一である)。

又、第3図に示すように励起・発熱の不均一性に応じて、異なる冷却能を得るべく、間接冷却部材を構成することも可能である。

さらに、冷却系とスラブを独立にした事で組立・分解が容易である等、メインテナンスの上でも有利である。

次に励起系について述べる。

スラブの励起は第4図に示すように、側面(1b)の断熱面から行う。ランプ(4)から励起光は、波長が500~900nm程度であり、レーザ光の波長1060nmに比較的近く、励起光に対するスラブ(1)及び透明充填剤(介在物(2))の屈折率はレーザ光に対するそれと大差がない。従つて励起光も、スラブ表面(1a)で全反射され、この間接冷却支撑構造は、励起光をスラブ内にじ込めめる効果も有する。又、側面励起の場合、表面励起に比べ励起光の吸収長を長くとれ、スラブへの効率的な吸収を実現する事が可能である。

また、第4実施例として第6図(a), (b)に示すより、間接冷却部材(3)の表面(3a)をレーザ光に対する金属鏡面とし、かつ、介在物(2)を、スラブ(1)とほぼ同時に屈折率を持つ光学的透明体として、レーザ光、及び励起光の反射を間接冷却部材(3)の表面(3a)で行わせることも可能である。具体的には、間接冷却部材の材質を金属とし、表面をダイヤモンドターニング等の超精密加工を行えば、レーザ光の位相を乱さない高反射率の光学的に平滑な金属鏡面を得る事が出来る。

又、第7図(a), (b)に示すように金属鏡面に、高反射率の金属薄膜、もしくは多層膜(3d)をコーティングすれば、さらに反射率を向上させる事が可能である。

なお、上記第2実施例ないし第4実施例を屈折率が1.5程度で、直接水冷が不可能なガラス系のレーザ媒質に対しても、水冷とは逆同程度の冷却が行なえる。

次に、スラブ励起に関する他の実施例について述べる。

第8図は第5実施例によるレーザ装置の断面図であり、図に示す様にスラブ側面(1b)を散乱面とすれば、スラブ側面を反射光路に持つ寄生発振を抑制出来、発振効率の向上が行える他、スラブからみた励起光源となり、集光器構造に伴う、局所的な励起を緩和する利点もある。尚、側面を散乱面とする場合、スラブ表面(1a)又は間接冷却部材表面(3a)が励起光の反射面である事は、光の閉じ込めの観点から特に効果が大きい事を併記しておく。励起系の冷却に関する他の実施例としては第9図に示す様に、フローチューブを用いず、断熱層(9)の分離板(8)で冷媒(6)を封止したり、第10図に示す様に、フローチューブに断熱層(9)の分離機能を持たせる事も出来る。

また、上記各実施例では、励起光源がランプである場合について述べたが、第11図に示す様に、レーザダイオード細で励起しても良く、この場合励起光の放出空間自体がスラブ側面の断熱空間となる。

さらに、上記各実施例では、間接冷却部材の冷

却され、レーザ媒質に発生する光学歪が低減でき、ビーム品質が高く、出力の安定性に優れた固体レーザ装置を得るとができる。また、側面励起によりレーザ発振の効率が向上する効果もある。

また、レーザ媒質内におけるレーザビームはレーザ媒質の光学的平滑面間を内部全反射もしくは上記光学的平滑面に設けられた透波多層膜又は金属膜による反射によりジグザグ伝搬するようになればレーザビームのジグザグ伝搬が効率よく行なわれる。

さらに、レーザ媒質と間接冷却部材間の介在物を、上記レーザ媒質とほぼ等しい屈折率の部材と共に、上記間接冷却部材の、上記レーザ媒質側表面を光学的平滑面としても、この間接冷却部材の光学的平滑面間をレーザビームが反射を行ないつながらジグザグ状に伝搬することが可能である。

また、レーザ媒質の側面から入射する励起光を上記レーザ媒質または間接冷却部材の光学的平滑面で反射させ、上記レーザ媒質中に閉じ込めるよ

うを冷媒の逆流によつて行う場合について述べたが、第12図(a), (b)に示す様に、間接冷却部材の背面に放熱フィン(3e)を設け、空冷する事も出来る。

また、第13図(a), (b)に示すように間接冷却部材背面をベルチエ棊子(3f)で冷却する事も出来る。

なお、上記各実施例ではいずれも、間接冷却部材(3)は介在物(2)を介してレーザ媒質(1)に密着されるものを示したが、介在物(2)を介さずに直接密着又は接觸させる構成であつてもよい。

【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、光路に沿つて対向する1組の光学的平滑面を有し、上記光路に直交する断面がほぼ矩形のレーザ媒質内をレーザビームがジグザグ状に伝搬するレーザ装置において、上記レーザ媒質は、上記光学的平滑面全面にわたつて、密着又は接觸又は介在物を介して密着される間接冷却部材により間接冷却、支持されると共に、上記光路に沿つて対向する他の1組の側面は断熱され、この側面より励起光を入射して励起されるようにして、レーザ媒質が均一に

うにすれば、効率よくレーザ発振をさせることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図(a), (b)は各々この発明の一実施例による固体レーザ装置を示す横断面図及び縦断面図、第2図(a), (b)は各々スラブの冷却状態と温度分布及び断面構造を第1実施例と、他の実施例と比較した説明図、第3図はこの発明の他の実施例による固体レーザ装置の断面構造と対応する冷却能分布を示した説明図、第4図はこの発明の一実施例による固体レーザ装置の励起光の光路を示す断面図、第5図(a)第6図(a)及び第5図(b)第6図(b)第7図(b)は各々この発明の他の実施例による固体レーザ装置を示す横断面図及び縦断面図、第8図ないし第11図は各々この発明の他の実施例による固体レーザ装置を示す横断面図、第12図(a)第13図(a)及び第12図(b)第13図(b)は各々この発明の他の実施例による固体レーザ装置を示す横断面図及び縦断面図、第14図は従来の固体レーザ装置を示す斜視構成図、第15図(a), (b)は各々従来の固体レ

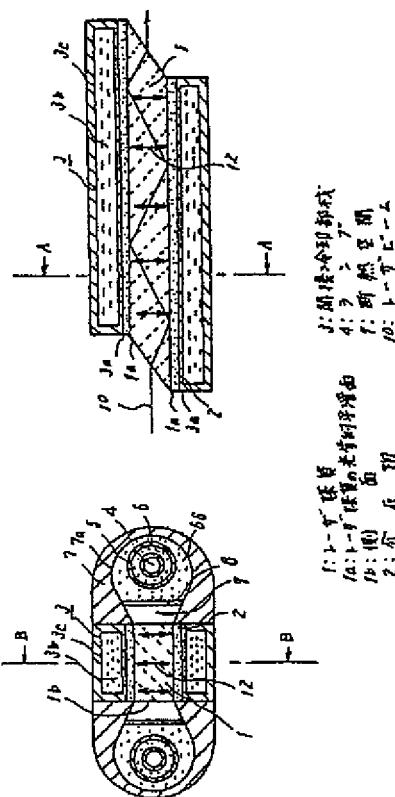
レーザ装置を示す横断面図及び縦断面図、並びに第16図(a), (b)は各々従来の固体レーザ装置における各部材の相対関係を示す説明図である。

図において、(1) - レーザ基質、(1a) - レーザ基質の光学的平滑面、(1b) - 側面、(1c) - 多層膜、(2) - 介在物、(3) - 間接冷却部材、(4) - ランプ、(8) - 断熱空間、(9) - レーザビーム、(10) - 助起光。

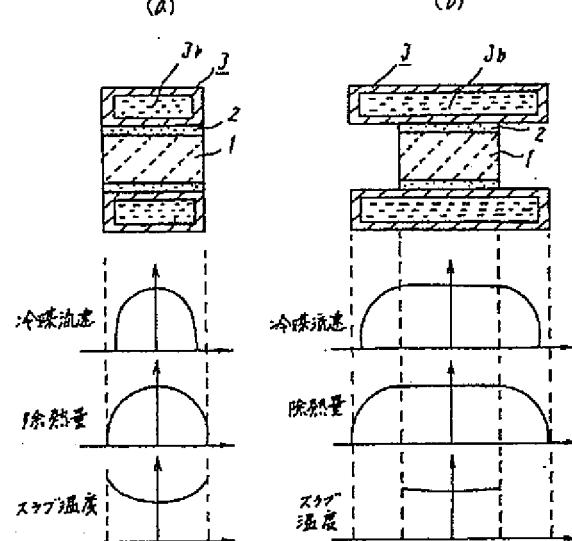
なお、図中、同一符号は同一、又は相当部分を示す。

代理人 大岩 増雄

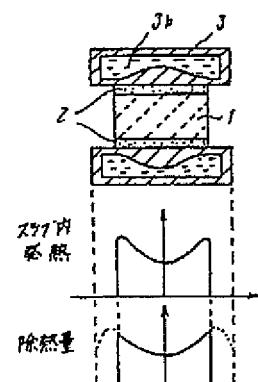
第1図



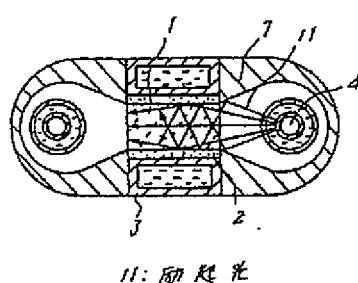
第2図

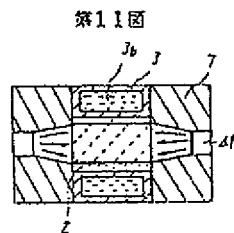
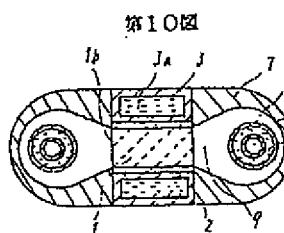
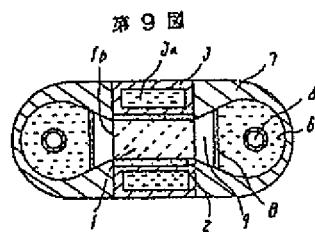
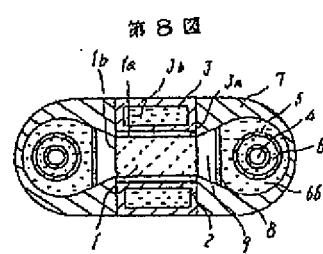
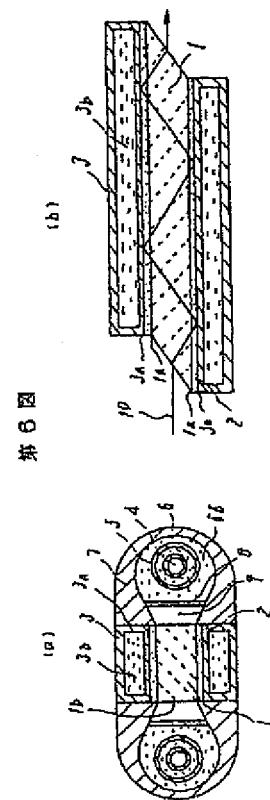
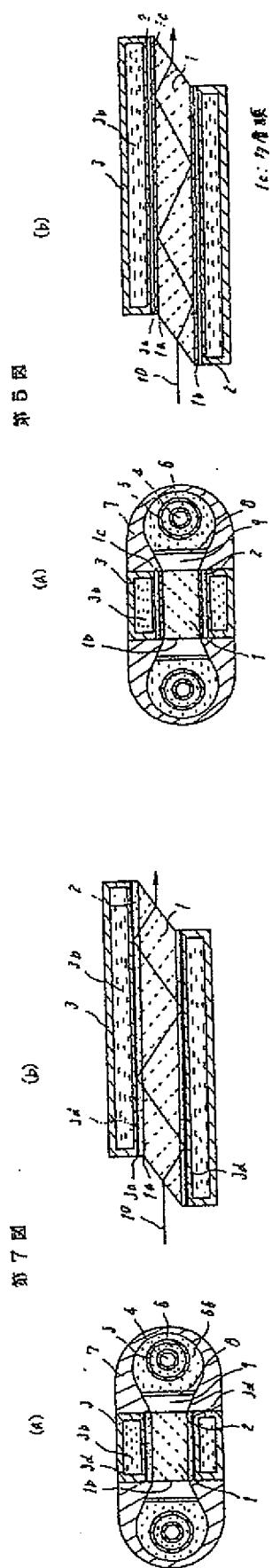


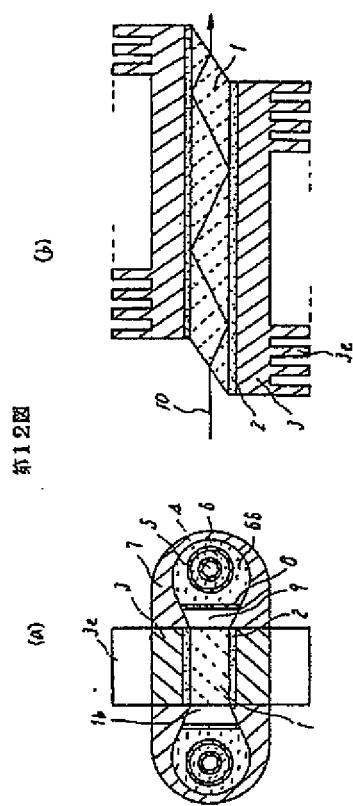
第3図



第4図

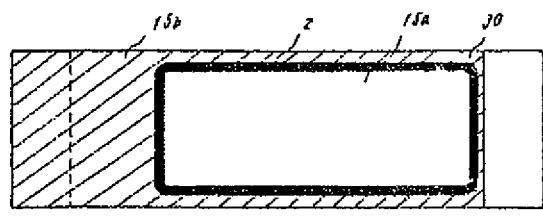






第16図

(a)



(b)

